

2000 B

COD. 694005493

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



USO DE CINCO VARIEDADES DE NOPAL TUNERO
(*Opuntia spp.*) POR LA FAUNA SILVESTRE EN EL
ALTIPLANO MEXICANO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGIA

PRESENTA:

NOHEMÍ VILLALPANDO NAVARRETE
LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO. JULIO 2002

186697/02228
CH 243
10/10/02



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE CARRERA DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

COMITÉ DE TITULACIÓN

**C. NOHEMÍ VILLALPANDO NAVARRETE
P R E S E N T E .**

Manifestamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de TESIS con el título "USO DE CINCO VARIEDADES DE NOPAL TUNERO (*Opuntia spp*) POR LA FAUNA SILVESTRE EN EL ALTIPLANO MEXICANO", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicho trabajo la DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ.

**A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Zapopan, Jal., 07 de junio del 2001

**DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

Leticia Hernández López

**M.C. LETICIA HERNÁNDEZ LÓPEZ
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

c.c.p. DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
c.c.p. Expediente del alumno

MERL/LHL/mam

C. DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION
DE LA DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
P R E S E N T E.

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Titulación **en la modalidad Tesis e informes opción Tesis** que realizó la pasante **Nohemi Villalpando Navarrete (Código 694005493)** con el título: **"Uso de cinco variedades de nopal tunero (*Opuntia* spp.) por la fauna silvestre en el Altiplano Mexicano"**, consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso, programación de fecha de examen respectivo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva dar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., a 02 de julio de 2002 .

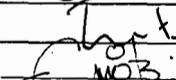
Directora del Trabajo


Dra. Mónica Elizabeth Riojas

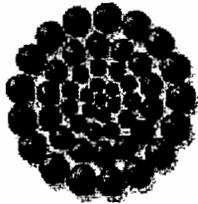
COORDINACION DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

SINODALES

1. M.C. Liberato Portillo Martínez
2. Ing. Oscar Fco. Reyna Bustos
3. Dr. Gustavo Moya Raygoza
4. M.C. Guillermo Barba Calvillo (suplente)





Este trabajo fue realizado como parte del Proyecto "Rehabilitación de ambientes semiáridos degradados usando especies de nopal (*Opuntia* spp.) de múltiples propósitos en Ojuelos, Jalisco, Méx." con el apoyo financiero del SIMORELOS del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), clave 19980306025 dirigido por M.E.R.L.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que estuvieron de una u otra forma vinculados en la realización de este trabajo, compartiendo las salidas y apoyando para que éste saliera adelante: Adriana, Luz, Vero, Luis, Lalo, Lupe, Guille, Bárbara, Mollie Hacker y Eric Mellink.

A la familia Torres Martín por su apoyo y disponibilidad para que cada mes estuviéramos viviendo en su casa y especialmente a Don Fernando Torres, por su interés en la investigación en torno al cultivo del nopal.

A mi directora, Mónica E. Riojas L., por su apoyo, comentarios y disponibilidad para participar en su proyecto.

A mis sinodales: Gustavo Moya, Oscar Reyna, Liberato Portillo y Guillermo Barba, por sus comentarios y aportaciones.

Al laboratorio de Fitopatología de la División de Ciencias Agronómicas a cargo del Dr. Gil Virgen, quien amablemente me dio las facilidades para el uso de las instalaciones y reactivos en los experimentos con *Erwinia*.

A Rafa, quien me ha apoyado desde un principio para que lograra esta meta e ir juntos construyendo el presente y futuro.

A mis amores Guadalupe, Edgar y Arturo, con quienes he compartido gran parte de mi vida y recibido apoyo incondicional.

A mi papá por el apoyo que me ha brindado para mi formación profesional.

A mi abuelo Gustavo y mis tíos More, Cuca y Mario, por su amor y apoyo para que estemos aquí y ahora.

A la M.C. Blanca C. Ramírez H., del laboratorio de Fisiología Vegetal, por el apoyo para los análisis de azúcares.

A la Universidad de Guadalajara

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

Busca la simplicidad, pero desconfía de ella
L.C. Birch

Dedicada a Cleotilde y Gustavo, en memoria de su infinito amor

RESUMEN

El cultivo de nopal (*Opuntia* spp.) es uno de los más importantes en las zonas semiáridas de México, donde los llamados básicos (maíz y frijol) son poco rentables, dados sus requerimientos agroclimáticos. Por otro lado, la eficiencia del nopal en el uso del agua lo vuelve una planta ideal para reforestar suelos degradados o reincorporar a la producción aquellos no aptos para el establecimiento de otros cultivos. A nivel nacional, la superficie de explotación comercial ha aumentado en los últimos 12 años de 10,000 a 65,000 ha, según datos del Consejo Jalisciense del Nopal y La Tuna. Si bien se conocen cuáles son los factores abióticos que afectan de manera significativa la producción de éste cultivo, poco se sabe acerca de los factores bióticos con los que interactúa en tiempo y espacio como la vegetación (no-cultivada) y la fauna dentro y alrededor del área de cultivo.

En el presente trabajo se identificó el uso que hace la fauna silvestre (roedores, lagomorfos, insectos) de cinco variedades de nopal tunero y de forraje (*Opuntia* spp.), durante el primer año de establecimiento de un cultivo en el Altiplano Mexicano (Municipio de Ojuelos de Jalisco, Jal.). También se estableció si existía preferencia de uso de la fauna silvestre por alguna de las variedades de nopal plantadas en dicho cultivo: nopal cacalote (*Opuntia cochineria*); cardón (*O. streptacantha*); torreoja (roja), blanca y V1 (*Opuntia* spp.). Los resultados obtenidos mostraron que las especies de insectos que hicieron uso de este recurso no tuvieron preferencia alguna por determinada variedad; no así con los mamíferos que mostraron preferencia por las variedades cultivadas V1 y torreoja. Se discuten también las posibles razones que explican dicha selección.

INDICE DEL CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE DEL CONTENIDO.....	iv
ANTECEDENTES.....	1
Características del género <i>Opuntia</i>	1
Interacciones planta-animal.....	2
Interacción nopal-fauna.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	7
OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	9
AREA DE ESTUDIO.....	10
MATERIALES Y METODOS.....	12
RESULTADOS.....	17
DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	33
LITERATURA CITADA.....	34

ANTECEDENTES

CARACTERÍSTICAS DEL GÉNERO *Opuntia*

Las variedades de nopal tunero, para forraje y verdura pertenecen al género *Opuntia*, el cual es el de más amplia distribución geográfica entre las cactáceas: desde Canadá hasta la Patagonia, y de las Islas del Caribe a las Galápagos (Bravo-Hollis, 1978). La mayoría de las especies se localizan en altitudes entre los 800 y 2500 m, aunque algunas se distribuyen a nivel del mar (*Opuntia stricta*) (Bravo-Hollis, 1978) o hasta los 2700 m (*O. streptacantha*) (Vázquez, 1981; Borrego y Burgos, 1986).

Estas cactáceas predominan en climas con una precipitación media anual de 150 a 650 mm, donde las temperaturas medias anuales se aproximan a los 23°C (Pimienta, 1990).

El cultivo del nopal prospera en suelos poco profundos y bajo contenido de materia orgánica, con pH subácido a subalcalino y concentraciones de salinidad de menos de un quinto de la encontrada en el agua de mar (que contiene aproximadamente 12000 ppm de sodio) (Gallegos y Méndez, 2000).

El proceso evolutivo por el que está pasando el género *Opuntia* resulta en una gran diversidad de especies y variedades (incluidas las que se han obtenido por selección del hombre) con capacidad para sobrevivir al estrés ambiental al que están expuestas en sus hábitats nativos y en aquellos en los que se han naturalizado (Bravo-Hollis, 1978). Un conjunto de adaptaciones a nivel estructural y fisiológico les permite hacer frente a condiciones ambientales estresantes como las altas temperaturas y la baja humedad disponible tanto para absorción por raíces, como para evitar las altas tasas de evapotranspiración. Ejemplo de ello son las hojas con limbos reducidos y efímeras; epidermis con cutícula gruesa y provista de pelos (que protegen de la intensidad luminosa y resequedad del ambiente); tallos con parénquimas muy

desarrollados (donde se acumula gran cantidad de agua durante la época de lluvia) responsables de la succulencia, y sistemas radicales extensos y superficiales que pueden alcanzar hasta 10 m de extensión (Bravo-Hollis, 1978; Nobel, 1995).

Parte de esa diversidad originada del medio en que se desarrollaron éstas especies incluye ventajas interespecíficas para hacer más eficiente la dispersión por animales (González-Espinosa y Quintana-Ascencio, 1986; Janzen, 1986). De aquí que se tengan especies que varían en rasgos morfoanatómicos como: porte o hábito de la planta (rastreros, arbustivos o arbóreos); cantidad y tamaño de espinas y glóquidas; grosor de epidermis y cuticular (González *et al.*, 2001; López, 1991); presencia de pubescencia, color y tamaño de frutos y cladodios, entre otras características, así como variación específica en fases fenológicas (Pimienta, 1990; González-Espinosa y Quintana-Ascencio, 1986). Incluso la composición química varía dentro de los individuos de una misma especie (González-Espinosa y Quintana-Ascencio, 1986; Granados y Castañeda, 1991; Retamal *et al.*, 1987; Vázquez, 1981).

INTERACCIONES PLANTA-ANIMAL

Entre los organismos se da una gran variedad de interacciones que, dependiendo de los beneficios o perjuicios a corto o largo plazo para cada especie participante, será el tipo de relación entre ellas, es decir relaciones mutualistas, comensalistas, de competencia, parasitismos y depredatorias, entre otras.

De las interacciones generadas entre plantas y animales, se encuentran las depredatorias y dentro de éstas se presenta la herbivoría, que es el consumo por determinadas especies animales (fauna silvestre vertebrada o invertebrada, o fauna doméstica) de especies vegetales, donde cada individuo es consumido parcial (especificidad por un órgano o tejido) o totalmente. Las interacciones de los organismos en general, y la herbivoría en particular, son consideradas uno de los principales organizadores de las comunidades y ecosistemas terrestres (De la Cruz, 1990).

La mayoría de las plantas están sujetas a la herbivoría durante alguna parte de su ciclo de vida (Reichman y Smith, 1991). Los efectos que el herbivorismo tiene se pueden analizar a distintos niveles: organismos, poblaciones y comunidades. Los efectos de ésta actividad predatoria dependerán de las partes de las plantas que se ven afectadas, del momento de ataque con respecto al desarrollo de la planta y de las condiciones a las que están sometidas las plantas (interacciones bióticas y abióticas) (Borrueal *et al.*, 1998). Por ejemplo, no responderán de igual forma a un ataque de herbivoría si además están compitiendo por recursos con otras plantas (Burger y Louda, 1995; Dyer *et al.*, 1993; Gough y Grace, 1998; Pacala y Crawley, 1992; Trlica y Rittenhouse, 1993). La savia succionada, la producción de galerías en hojas y ramas, los daños a flores y frutos, y las lesiones en las raíces ejercerán efectos diferentes sobre la planta, tales como detener y hasta impedir el crecimiento en plántulas u organismos adultos (McAuliffe, 1986). Como respuesta a esto, las plantas pueden reaccionar usando mecanismos de defensa como movilización de carbohidratos almacenados, liberación de metabolitos secundarios, alteración en la distribución de los productos de la fotosíntesis, retrasos en la floración o simplemente eliminación de frutos (Begon *et al.*, 1995). Por otro lado, se podría traducir en efectos aparentemente no tan dañinos: incrementos en la longevidad de la planta, reducción del autosombreado o de la competencia intraespecífica, entre otros (Begon *et al.*, 1995).

Los efectos directos e indirectos del herbivorismo se han evaluado con base en distintos parámetros como la pérdida proporcional de hojas o de biomasa aérea (Sand-Jensen *et al.* 1994); el incremento o decremento de la producción de cladodios para el caso de *Opuntia*, flores, frutos (Hoffman *et al.*, 1993; Christensen y Whitham, 1991), y en la distribución y abundancia de individuos dentro de una población (Kelt y Valone, 1995). Ejemplo de estos efectos es el porcentaje de establecimiento que se obtuvo en un experimento con nopal, donde se evaluaron tratamientos edáficos y en el que uno de ellos obtuvo un 64% de establecimiento con un variable incremento de cladodios debido a la intensidad con que fueron atacados por roedores (INIF, 1981).

Por otro lado, dentro de estas interacciones herbívoras, los animales suelen presentar selectividad hacia las plantas (por especies, estructuras o fases fenológicas) la cual está determinada por diversos factores como valor nutrimental y disponibilidad espaciotemporal. Los patrones de forrajeo de los herbívoros varían en tiempo y espacio, y los individuos tienen que "tomar decisiones" para balancear la máxima energía y nutrientes que pueden obtener de las plantas, contra el riesgo de exponerse a condiciones climáticas adversas, depredadores, parásitos, y al efecto negativo de algunos factores como metabolitos secundarios y altos contenidos de fibra. Esto que hace que inviertan energía en una detoxificación o búsqueda continua de alimento (Silva, 1996; Schowalter, 2000). Las correlaciones (o falta de éstas) entre "preferencia" y calidad alimenticia no necesariamente reflejan relaciones causa-efecto (Christian *et al.*, 1984).

INTERACCIÓN NOPAL-FAUNA

En relación al nopal (*Opuntia* spp.), se sabe que ciertas especies de fauna silvestre, nativa o no, se alimentan de distintas partes de la planta como: sus frutos (McClure *et al* 1995; Grant y Grant, 1981), semillas (Grant y Grant, 1981; González-Espinosa y Quintana-Ascencio, 1986; González-Espinosa, 1999), cladodios (Brown *et al.*, 1972; Rangel y Mellink, 1993; Maccracken y Hansen, 1984) o polen (Grant y Grant, 1981), ya sea como parte habitual de su dieta o como complemento durante determinada época del año (Leroy *et al.*, 1979).

El papel que puede jugar el nopal como recurso durante los períodos de sequía y/o escasez de alimento resulta crítico para determinadas especies de mamíferos, insectos y aves, entre otros. Por otra parte, los requerimientos nutrimentales de aves y mamíferos pueden no ser los mismos entre los periodos de reproducción y máximo crecimiento (Everitt y Alaniz, 1981). La fauna obtiene del nopal agua (por su succulencia) y nutrientes (carbohidratos y proteína), según las estructuras aprovechadas (vegetativas o reproductivas).

Las flores tienen mayor energía (polen y néctar) y generalmente contienen cantidades significativas de proteínas con aminoácidos esenciales y vitaminas (Mellink y Riojas-López, 2002). Los frutos y semillas son de las principales fuentes de atracción de consumidores; sin embargo, los primeros, al igual que las flores están disponibles sólo estacionalmente, mientras que semillas y cladodios lo están todo el año. Esta estacionalidad puede influir en el patrón de uso por los animales. La explotación de las estructuras reproductivas por éstos también depende de la accesibilidad del recurso. El uso es directo si es colectado de la planta y sin que haya sido perturbado por otra especie; e indirecto cuando el recurso está disponible posteriormente a que fue utilizado por un consumidor directo por apertura del fruto, caída de la flor o cuando las semillas son colectadas en las heces de esos organismos (Mellink y Riojas-López, 2002). Ejemplo de esto último son las hormigas de las nopaleras en el desierto Chihuahuense, que colectan las semillas después de que el fruto fue abierto por aves (González-Espinosa y Quintana Asencio, 1986); o las lagartijas de las Galápagos que para obtener polen consumen los pétalos impregnados de éste y que fueron tirados previamente por los pinzones (Christian *et al.*, 1984).

La mayor aportación a la dieta, al menos para ciertas especies de vertebrados (roedores, tortugas, venado, pecarí, entre otros), es la de agua más que de nutrimentos, por lo que una dieta compuesta exclusivamente de nopal les ocasionaría diversos y hasta serios problemas, tales como desnutrición, diarrea, y falla respiratoria o renal debido a las altas cantidades de oxalatos ingeridos (Mellink y Riojas-López, 2002).

En lo que toca a invertebrados, el número de especies de insectos asociados al nopal puede llegar hasta 160, las cuales se encuentran incluidas en 65 familias y 13 órdenes (Gallegos y Méndez, 2000). La gran mayoría de los insectos que se alimentan de alguna parte del nopal tiene hábitos barrenadores que dañan tanto a frutos como a cladodios. Otro grupo que se alimenta del nopal son los insectos "chupadores" los cuales se pueden clasificar en insectos de vida libre (como la chinche gris, trips, ácaros) o sedentarios (cochinilla y

escamas, por ejemplo). Otros más actúan como perforadores-masticadores, como es el caso de larvas de lepidópteros cactófagos (Gallegos y Méndez, 2000).

Algunos estudios han mostrado desde distintos enfoques la interacción entre el nopal y las especies de insectos que hacen uso de éste. Uno de ellos concluye que a mayor complejidad estructural de la planta (atributos de la especie como porte, cantidad de espinas, número de ramificaciones, entre otros) es mayor el número de especies de insectos asociadas a ésta (Moran, 1980). También señalan que son pocos los insectos huésped-específicos que existen, pues la mayoría, si no es que todos, tienen un amplio espectro de huéspedes de l género *Opuntia*.

Otros trabajos se enfocan a los niveles de infestación por determinada especie de insecto sobre *Opuntia*. Por ejemplo el nivel de infestación de una larva de lepidóptero es probablemente una función de el número de cladodios disponibles (Myers y Wangberg, 1981).

JUSTIFICACIÓN

Dadas sus características adaptativas estructurales, fisiológicas y nutrimentales, se cree que el nopal ha sido aprovechado para la dieta humana desde hace 9000 años (Gallegos y Méndez 2000). En la actualidad se le utiliza en varios países (México, Perú, Chile, Italia, Israel, Islas Canarias, entre otros) para obtener una amplia variedad de productos y subproductos: frutos (tuna), nopal verdura (nopalitos), forraje, producción de colorantes (carmín a partir de la grana cochinilla), artesanías, confitería (queso de tuna) y producción de biogas (Barbera *et al.*, 1995; Sudzuki *et al.*, 1993). A nivel nacional, la superficie de explotación comercial ha aumentado en los últimos 12 años de 10,000 a 65,000 ha, según datos del Consejo Jalisciense del Nopal y La Tuna. Este cultivo es uno de los más importantes en las zonas semiáridas, donde los llamados básicos (maíz, frijol) son poco susceptibles de aprovecharse, dados sus requerimientos agroclimáticos. Por otro lado, la alta eficiencia del nopal en el uso del agua y las condiciones "rústicas" a las que está adaptado, lo vuelve una planta ideal para reforestar suelos degradados (Gallegos y Méndez, 2000) o bien reincorporar a la producción suelos no aptos para el establecimiento de otros cultivos comerciales. Por ello, en años recientes se ha utilizado este recurso para la conservación y recuperación de suelos, flora y fauna (Asteinza y Rey, 1990; Martínez y Villa, 1995; Ponce y Flores, 1999). Si bien se conocen cuáles son los factores abióticos que afectan de manera significativa la producción de los cultivos de nopal, poco se sabe acerca de los factores bióticos con los que interactúan en tiempo y espacio como la vegetación (no-cultivada) y la fauna dentro y alrededor del área de cultivo. De aquí se desprende la importancia de conocer más sobre su relación con la fauna silvestre, específicamente durante el establecimiento de un agroecosistema de nopal para la producción de fruta, forraje, verdura y/o reforestación. Esta

información permitiría conocer más sobre el uso que hacen ciertas especies de roedores, lagomorfos e insectos, específicamente durante la etapa del establecimiento del cultivo, ya que daría información acerca de la ecología de éste. Asimismo sentaría bases para realizar manejos más adecuados de éste recurso, el cual históricamente ha sido utilizado por los pobladores de las zonas áridas de América, y donde diversos estudios han mostrado que para dichas zonas, el nopal es una alternativa viable de producción agrícola y recuperación de suelos.

OBJETIVOS

- Identificar el uso que hace la fauna silvestre (roedores, lagomorfos, insectos) de cinco variedades de nopal tunero y de forraje (*Opuntia* spp.), durante el primer año de establecimiento de un cultivo en el Altiplano Mexicano.
- Establecer si existe preferencia de uso de la fauna silvestre (roedores, lagomorfos, insectos) por alguna de las variedades de nopal utilizadas en el cultivo antes mencionado.

HIPÓTESIS

Existe un uso diferencial de las variedades de nopal por la fauna silvestre en función de la calidad de éstas.

ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en una parcela experimental de nopal tunero y de forraje (*Opuntia* spp.) ubicada en el Rancho Las Papas, Municipio de Ojuelos de Jalisco. El Rancho se ubica en la provincia fisiográfica de la Mesa del Centro (SPP, 1981), a una altura de 2300 msnm a 21°43.84' latitud norte y 101°39.84' longitud oeste (Figura 1). El clima (según clasificación de Köppen) es semiárido con una precipitación media anual de 300-500 mm, ocurriendo la mayor parte en el verano (junio-septiembre) con algunas lluvias aisladas durante los meses de invierno (diciembre-febrero). La temperatura media anual varía entre los 16-18°C (SPP, 1981). Los vientos dominantes son en dirección suroeste.

La mayor parte de los suelos son poco profundos (40 cm, en promedio), con textura areno-arcillosa, bajos en materia orgánica, derivados de rocas ígneas, con pH de 5 a 7 (SPP, 1981). Este municipio pertenece a la cuenca hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, subcuenca Santiago-Rio Verde-Grande de Belén y Santiago-Atotonilco. Sus principales cauces son arroyos de temporal.

La vegetación predominante en el municipio es el matorral xerófilo y zacatales, dominados por especies de nopales (*Opuntia* spp.), leguminosas (*Acacia* spp, *Mimosa* spp. y *Prosopis* spp.) y gramíneas de los géneros *Bouteloa*, *Muhlenbergia* y *Aristida*, entre otras (Rzedowski, 1978). El rancho donde se estableció el experimento cuenta con 250 ha, donde aproximadamente un 50% de la superficie está ocupada por cultivos de nopal tunero de aproximadamente 15 años de establecidos. El resto tiene parches de matorral xerófilo (nopaleras) y pastizales bajo pastoreo.

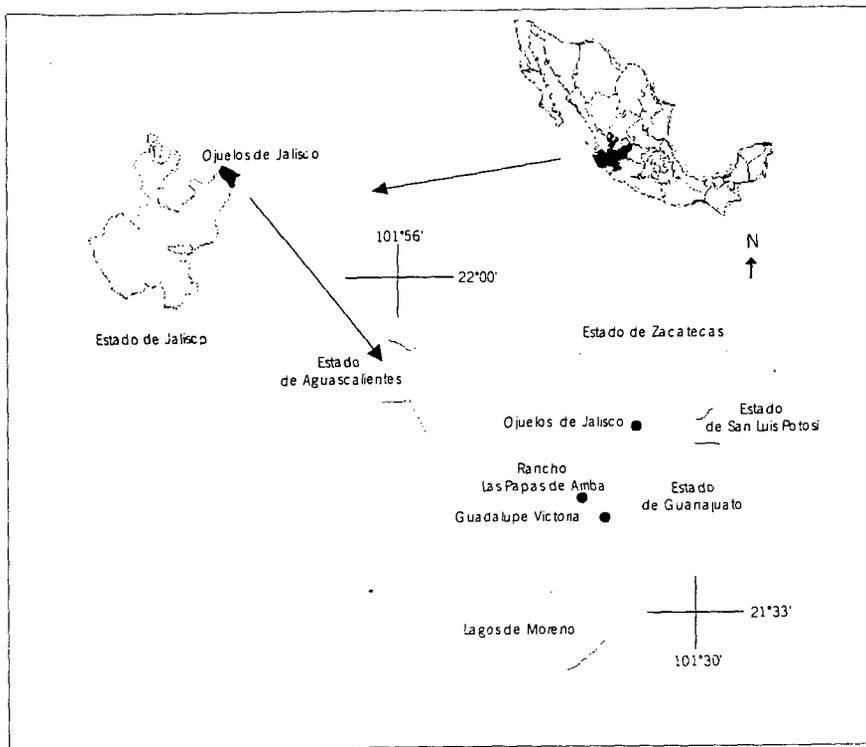


Figura 1. Localización del área de estudio

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se diseñó con el propósito fundamental de evaluar el desarrollo de especies silvestres y variedades cultivadas de nopal para la producción de tuna y forraje, y probar, a mediano plazo, la viabilidad de este cultivo para la rehabilitación de ambientes semiáridos degradados implementando parcelas de nopal de múltiples propósitos. La parcela, de aproximadamente 4 ha, fue establecida en mayo de 1999.

Las especies / variedades utilizadas en éste trabajo fueron nopal cacalote (*Opuntia cochineria*), nopal cardón (*O. streptacantha*) y variedades cultivadas para tuna y forraje: *torreaja* (roja), blanca y V1 (*Opuntia* spp), de las cuales la última no presenta espinas. Las dos primeras son especies nativas y de amplia distribución en la zona. El resto provienen de cultivares. Los cladodios que se plantaron en la parcela experimental tenían entre 2 y 3 años de edad; se tomaron de cultivos productivos de nopal tunero de aproximadamente 10 años de edad. Las especies nativas incluidas en este estudio se encontraban como cerco vivo de los cultivares. Todas las especies y variedades empleadas en este experimento son susceptibles de explotación, principalmente para producción de tuna; aunque también se les utiliza para producción de nopal verdura o forraje (principalmente V1).

Por simplicidad, de aquí en adelante se utilizará el término "variedades" para referirse a éstas y a las especies bajo estudio.

La disposición espacial del experimento obedece a un diseño de bloques completamente aleatorio con 6 tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos están en función de un gradiente de diversidad de especies y variedades de

Opuntia. Es decir, cada tratamiento consta de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 variedades. Se procuró que quedara una variedad distinta en el tratamiento de 1, asegurando así que no faltara o en caso contrario se repitiera alguna variedad (monocultivo). De cada "subparcela" (es decir de las que están compuestas por las hileras de cada variedad en cada tratamiento), fueron 6 las plantas que se tomaron en cuenta para la obtención de datos; quedando de esta forma plantas alrededor de éstas para eliminar el efecto de borde (Figura 2). La plantación se implementó de la manera tradicional para el cultivo de nopal tunero: 2.5 m de distancia entre planta y planta y 5m entre hileras, con una separación de 10 m entre tratamientos y bloques. Todo el experimento fue cercado con malla borreguera para evitar la entrada del ganado.

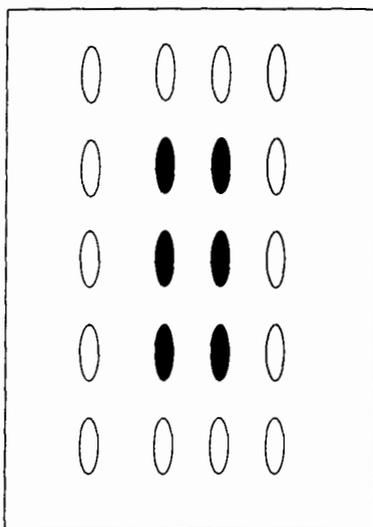


Figura 2. Esquema donde se muestra la disposición de las plantas de nopal por variedad en cada tratamiento; de la parcela experimental en el Rancho Las Papas, mpio. Ojuelos, Jal. Cada planta está representada por una elipse. Las figuras sombreadas son las plantas de las que se tomaron los datos.

Para cumplir con los objetivos del presente trabajo, durante los meses comprendidos entre junio 1999 a diciembre 2000, mensualmente se tomaron los siguientes datos (para dar tiempo al establecimiento de la parcela y abarcar distintas estaciones):

FACTORES BIÓTICOS

A partir del primer mes después de la plantación se registraron los siguientes datos:

- Número de brotes totales de cada planta por variedad;
- Número de plantas con evidencia de uso por fauna silvestre, ya fuera en penca madre o en los brotes nuevos de cada especie/variedad. Aquí, los daños se clasificaron como originados por vertebrados o invertebrados;
- Proporción de uso por variedad por mamíferos e insectos (calculados en base a los datos anteriormente descritos)

La identificación y clasificación del uso de las variedades de nopal por la fauna silvestre (daño-especie), se hizo con base en lo reportado en la literatura (Mellink y Riojas, 2002; Gallegos y Méndez, 2000) y se complementaron al observar al animal *in fraganti*. Acorde a las marcas en la planta y otras evidencias, es posible reconocer la especie o grupo causante del daño. Entre algunas de ellas se tiene el tipo de mordedura, cladodios roídos, restos en suelo de cutícula, areólas, y heces al pie de la planta, que en el caso de vertebrados permiten identificar la especie que ha hecho uso de la planta (Mellink y Riojas, 2002; Hoffman *et al.*, 1993). Por otra parte, la formación de ciertas tumoraciones y/o secreciones están claramente asociadas a algunas especies de insectos (Gallegos y Méndez, 2000; Pimienta, 1990).

En los casos que fue posible, además de la observación directa y cuando no se conocía la especie que hacía uso de la planta, se colectaron los individuos para su posterior determinación.

Dado que uno de los factores que se cree influye para determinar la preferencia por ciertos alimentos, es la calidad de éstos (Díaz, 2000; Smallwood y Peters, 1986), se realizaron análisis de contenido de azúcares, bromatológicos, y de contenido de humedad de las especies/variedades plantadas en la parcela experimental. El análisis bromatológico se realizó por el método Químico-proximal en el Laboratorio de Química del Departamento de Madera, Celulosa y Papel, del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI). Para éste análisis se formó una muestra mixta, para cada variedad ($n = 3$).

En lo que respecta al contenido de azúcares, se cuantificaron reductores y totales (mg/g de tejido fresco). Para la extracción de los primeros se empleó el método de Somogyi (1952). Los azúcares totales se obtuvieron por el siguiente procedimiento:

A un gramo de tejido homogeneizado se le añaden 5 mL de etanol al 80% y se coloca en un baño María a 75°C por cinco minutos. Posteriormente, se centrifuga a 12,000 gravedades durante cinco minutos. Se colecta el sobrenadante. Con el precipitado se repite el paso anterior y se colecta un segundo sobrenadante que se combina con el primero y se centrifuga a 27,000 gravedades por 20 minutos a -4 °C. Se colecta el sobrenadante y se lleva a un volumen de 25 mL con etanol al 80%. De este se toman alícuotas (Carnal y Black, 1989). Los contenidos de los procedimientos anteriores fueron cuantificados en un espectrofotómetro.

Para cuantificar el porcentaje de humedad por variedad, se colectaron siete muestras de cada una, las cuales deshidrataron en una estufa de secado a 80°C, hasta peso constante. Los datos se presentan como porcentajes de humedad sobre gramo de peso fresco. Esto se hizo mensualmente de junio de 2000 a diciembre del 2000.

FACTORES ABIÓTICOS

Se tomaron lecturas de temperatura y humedad ambiental con un termohigrómetro digital Marca Oakton por dos días al mes, cada hora durante

12 horas. Los datos así obtenidos se complementaron con la información climática registrada por la Comisión Nacional del Agua (CNA), con el fin de correlacionar las condiciones ambientales con la frecuencia de incidencia de uso por la fauna,

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para determinar si existe la asociación entre el daño ocasionado por la fauna de mamíferos e insectos y las variedades de nopal, se realizó una prueba de independencia de X_i^2 (Cochran y Cox, 1965; Infante y Zárate de Lara, 1997; Zar, 1984). Esta se aplicó a la presencia-ausencia de determinado tipo de daño para cada variedad. En el caso donde resultó significativamente dependiente el daño de la variedad, se realizaron subdivisiones de las tablas de contingencia para comparar entre las especies. En éstas últimas comparaciones se utilizó la corrección de Cochran para las tablas de 2 por 2, sugerida por Zar (1984).

Para probar si existen diferencias significativas de contenidos de azúcares totales y contenido de humedad entre las variedades del experimento, se utilizó ANDEVA de un solo factor. En los casos donde se detectaron diferencias entre medias, se usó el procedimiento de comparación múltiple de Tukey (Zar, 1984).

Para medir el grado de relación entre la magnitud o frecuencia de uso con variables como temperatura y humedad ambiental, se utilizó una correlación simple.

Todos los análisis se realizaron con una $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE DAÑO

De acuerdo a lo observado, se verificó que la fauna silvestre hizo uso de las plantas bajo estudio. Estas evidencias se clasificaron según su origen en dos grupos: mamíferos e insectos.

Por las marcas, desechos u observación directa (Figura 3), se identificaron especies de insectos que hicieron uso de las variedades del nopal, principalmente para alimentarse (Cuadro 1). Por simplificación se usará el término "insectos" para referirse a las especies que se encuentran en esta categoría.

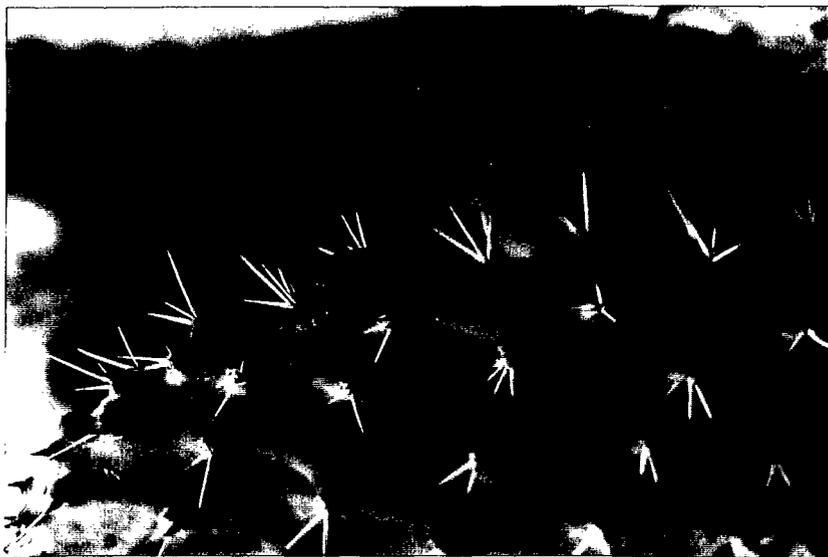


Figura 3. Adulto del *Metamasius spinolae* en una de las variedades de nopal (*Opuntia* sp.) de la parcela experimental, Rancho Las Papas, mpio. de Ojuelos, Jal.
Fotografía: M.E. Riojas-López.

Cuadro 1. Insectos que hicieron uso de las variedades de nopal (*Opuntia* spp.) en la parcela experimental en el Rancho Las Papas, mpio. de Ojuelos de Jalisco, durante el periodo de junio 1999 a diciembre 2000.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	SEÑAL DE USO
Curculionidae	<i>Metamasius spinolae</i> Gyllenhae	Picudo barrenador	Abultamientos, galerías y secreciones gomosas en las pencas
Thripidae	<i>Sericothrips opuntiae</i>	Trips	Punteado clorótico y redes de tejidos en las pencas que asemejan costras
Coreidae	<i>Chelinidae sp.</i>	Chinche gris	Lesiones circulares cloróticas en pencas
Dactylopiidae	<i>Dactylopius sp.</i>	Cochinilla	Se observaron pequeñas colonias de éste insecto "sésil" de apariencia algodonosa-cerosa

El uso por mamíferos se caracterizó por la presencia de mordeduras o roídas donde claramente se distinguían las marcas de los dientes de los animales en cuestión. Estas se presentaron tanto en los brotes nuevos como en la penca madre, la cual en ciertas ocasiones y para ciertas variedades (V1 y *torreaja*), llegaron a morderla hasta dejarla al ras del suelo. Otra evidencia de uso fue la presencia de heces al pie de la planta utilizada y los restos de cutícula sin roer con las areolas intactas (Figura 4).



Figura 4. Restos de cladodio al pie de las plantas de nopal roídas por mamíferos.
Fotografía: N. Villalpando N.

Al igual que con los insectos, se usará "mamíferos" de forma genérica para agrupar la fauna que hizo uso de las plantas y que caen dentro de ésta categoría (Cuadro 2)

Cuadro 2. Mamíferos que hicieron uso de las variedades de *Opuntia* en la parcela experimental en el Rancho Las Papas, mpio. de Ojuelos de Jalisco, durante el periodo de junio 1999 a diciembre 2000.

ORDEN	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	SEÑAL DE USO
Rodentia	<i>Neotoma albigula</i>	Rata magueyera	Penca roída y heces de estos individuos al pie de las plantas
Lagomorpha	<i>Sylvilagus auduboni</i>	Conejo del desierto	Heces y restos de cutícula con areolas al pie de la planta; marcas de incisivos en pencas
Lagomorpha	<i>Lepus californicus</i>	Liebre cola negra	Restos al pie de los nopales como heces y restos de areolas y cutícula; marcas de incisivos en pencas

Del total de plantas utilizadas en este estudio, el 100% presentó algún tipo de uso por fauna silvestre en sus partes aéreas, ya fuera en la penca madre o en los brotes.

La frecuencia de uso (en brotes o en penca madre) por los insectos y mamíferos varió durante el tiempo de estudio. Para el total de las plantas, independientemente de la variedad, los insectos fueron los que hicieron mayor uso (90% del total) en comparación con mamíferos (56%). Los mamíferos si mostraron una preferencia significativa dependiente de la variedad (Cuadro 3) ($\chi^2 = 18.05$, 4 gl, $P < 0.001$). De aquí que resultaron tres grupos significativamente afines en la asociación del uso: a) V1 y torreoja son similares entre ellas ($\chi^2 = 1.19$, 1 g.l, $P < 0.001$.), pero diferentes con las demás especies; b) torreoja y cardón ($\chi^2 = 4.33$, 1 g.l, $P < 0.038$); y otro con blanca, cacalota y cardón. Por otro lado, en el caso de los insectos el uso que hacen no mostró preferencia significativa por alguna variedad ($\chi^2 = 6.15$, 4 g.l., $P > 0.188$). Sin embargo se observó una mayor "preferencia" (dadas las diferencias entre frecuencias observadas y esperadas) hacia Cardón y una menor "preferencia" para V1.

Cuadro 3. Frecuencia de las evidencias de uso por mamíferos e insectos sobre el total de plantas por variedades de nopal (*Opuntia* spp.); durante julio 1999 a diciembre 2000, en la parcela de estudio. Los datos con diferente letra entre paréntesis son significativamente distintos en cuanto a la preferencia en el uso.

GRUPO ANIMAL / VARIETADES	V1	BLANCA	TORREOJA	CACALOTA	CARDÓN	TOTAL
MAMÍFEROS	14 (a)	10 (c)	7(ab)	4(c)	3(bc)	38
INSECTOS	33(a)	44(a)	31(a)	30(a)	45(a)	183
AMBOS	50	27	21	19	29	146
TOTAL	97	81	59	53	77	367

Cabe señalar que los datos presentados en el cuadro 3 se clasificaron como uso por "mamíferos", "insectos" y "ambos", puesto que la presencia de un grupo de fauna no excluía a la otra. A fin de identificar si existía un uso diferencial en las proporciones de uso por variedad, se eliminó la categoría ambos para así comparar exclusivamente el de uno u otro tipo.

VARIACIÓN TEMPORAL EN LA INTENSIDAD O FRECUENCIA DE USO

Las plantas comenzaron a presentar señales de uso en los brotes, tales como roídas, exudados, orificios y deformaciones, a partir del tercer mes de plantadas. Se observó cierta predominancia de ataque por parte de uno u otro grupo para determinada época del año (Figura 5). En el caso de mamíferos este fue durante el periodo de sequía (octubre-marzo), y para insectos se observó durante lluvias (julio-octubre).

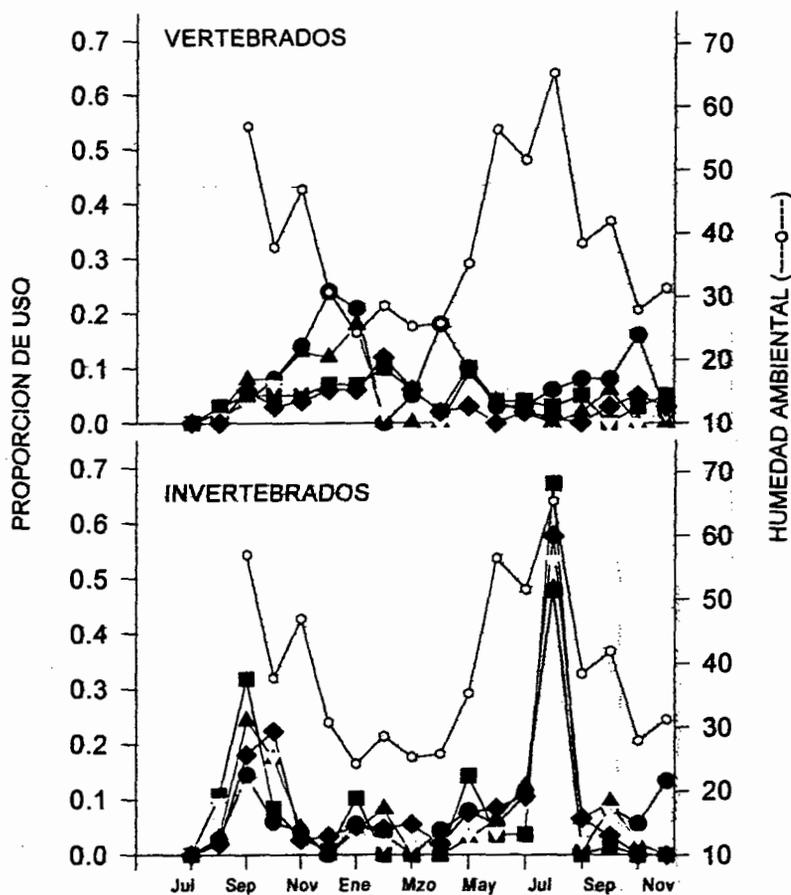


Figura 5. Proporción de uso de fauna silvestre en brotes de cada variedad de nopal (*Opuntia* spp.) en la parcela experimental, y su relación con la humedad ambiental registrada durante el tiempo de estudio (jun 1999 a diciembre 2000). Los símbolos corresponden a las siguientes variedades: ■ Blanca, ▲ Torrejoja, ▼ Cacalots, ● V1 y ◆ Cardón.

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LAS VARIETADES DE NOPAL (*Opuntia* spp.)
UTILIZADAS**

El análisis bromatológico mostró que la variedad torreoja presenta los mayores niveles para cada uno de los parámetros cuantificados (Cuadro 4), excepto en grasas y fibra, siendo cardón y blanca las que presentaron los mayores valores, respectivamente. Por otro lado, cacalota fue la que presentó los menores niveles excepto en cenizas, fibra y extracto libre de nitrógeno (E.L.N.), teniendo los menores valores cardón, roja y blanca respectivamente. Respecto al porcentaje de los elementos N, C e H, los valores más altos fueron para cardón, excepto H (fue blanca), y los menores fueron para cacalota (Cuadro 5).

Cuadro 4 . Análisis bromatológico en cada una de las cinco variedades de *Opuntia* utilizadas durante julio 1999 a diciembre 2000 (n= 3), en la parcela experimental en el Rancho Las Papas, mpio. Ojuelos, Jal.

	HUMEDAD %	CENIZAS %	PROTEINA %	GRASA %	FIBRA %	E.L.N. %
V1	94.0	24.0	5.3	2.2	19.5	49.1
BLANCA	92.5	22.1	5.6	1.3	26.7	44.4
TORREOJA	94.5	26.6	6.6	2.3	9.5	54.9
CACALOTA	90.3	25.0	4.0	0.5	22.0	48.5
CARDÓN	90.5	21.1	5.8	2.5	19.5	51.0

Cuadro 5. Porcentaje de N, C, e H, en cada variedad de *Opuntia* utilizada durante julio 1999 a diciembre 2000; en la parcela experimental ubicada en el Rancho Las Papas, mpio. de Ojuelos, Jal.

VARIEDAD	% N	%C	%H
V1	0.84	35.78	5.05
Blanca	0.89	36.74	5.25
Roja	0.74	35.17	4.99
Cacalota	0.64	15.72	2.19
Cardón	0.93	36.86	5.19

En lo que toca a porcentaje de humedad por gramo de peso fresco, V1 fue la que presentó un valor significativamente mayor ($F = 5.87$, $F_{(0.05),4,30} = 2.68$, $P < 0.0013$) (Figura 6).

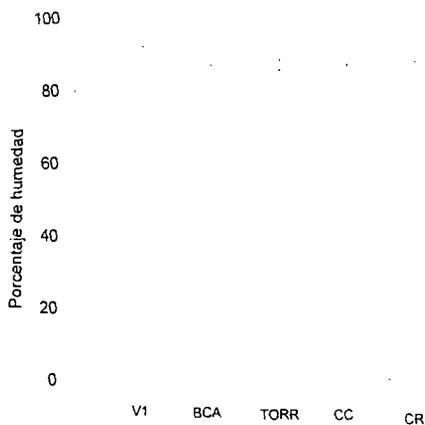


Figura 6. Contenido de humedad por gramo de peso fresco para cada una de las variedades de *Opuntia* bajo estudio. Las muestras se colectaron durante junio 2000 a diciembre 2000. Las abreviaturas corresponden a las siguientes variedades: V1: V1; BCA : Blanca; TORR: torreoja; CC: Cacalota y CR: cardón. Se grafica el promedio con desviación estándar.

Respecto al contenido de azúcares totales, las variedades presentaron valores significativamente distintos ($F = 5.1269$, $F_{(0.05)4,53} = 2.546$, $P < 0.0014$) (Figura 7). De acuerdo a la comparación *a posteriori* de Tukey, Torreoja fue la que obtuvo el menor valor mientras que cardón y V1 el mayor.

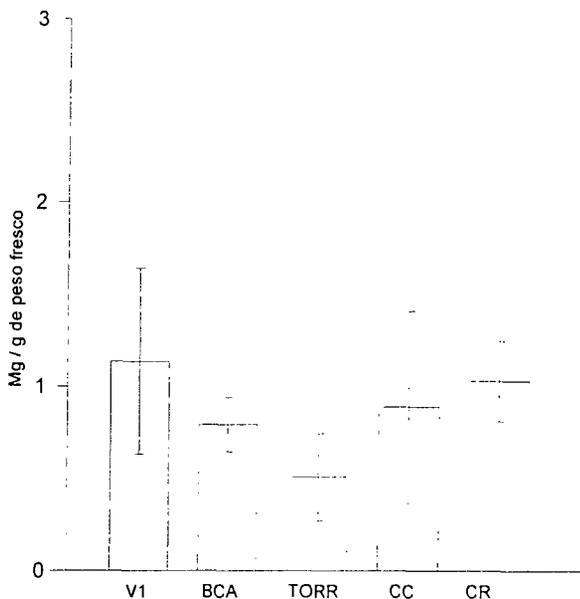


Figura 7. Contenido de azúcares totales sobre peso fresco de las variedades de *Opuntia* bajo estudio en la parcela experimental. Las abreviaturas corresponden a V1, blanca, torreoja, cacalota y cardón, respectivamente. Se grafica la desv. est.

Referente al contenido de azúcares reductores (Figura 8), y de acuerdo a los análisis de Tukey, torreoja presentó valor significativamente mayor y blanca el menor ($F = 3.51$, $F_{(0.05)4,53} = 2.546$, $P < 0.013$).

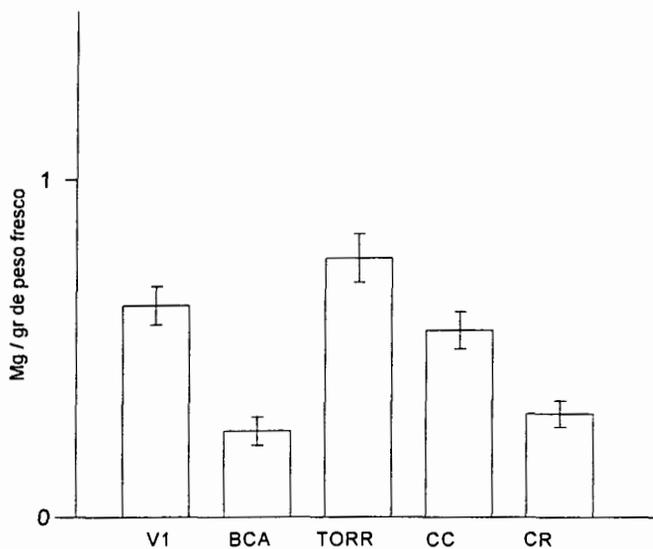


Figura 8. Contenido de azúcares reductores en las variedades de *Opuntia* bajo estudio. Las abreviaturas corresponden a V1, blanca, torreoja, cacalota y cardón, respectivamente. Se grafica la desv. est.

Cabe señalar que tanto para azúcares totales como para reductores, la separación de estas variedades no fue total, sino que se presentaron grupos de variedades los cuales se mezclaban entre sí, de acuerdo a las pruebas de Tukey. Por ello se presentan aquí las variedades que significativamente resultan en los más altos y bajos valores para estos parámetros.

La correlación del uso por insectos fue alta pero en forma negativa con la humedad de las variedades ($r = -0.85$) a diferencia de los mamíferos que presentaron la mas alta con azúcares reductores y humedad ($r = 0.91$ y 0.87 , respectivamente).

DISCUSIÓN

La forma como el nopal fue explotado por los vertebrados varió en tiempo, intensidad o frecuencia y tipo de especie/variedad, a lo largo de los 18 meses. Algunas especies/variedades, como V1 y torreoja, fueron más atacadas que otras llegando en algunos casos a dejar a los individuos (cladodios) al ras del suelo, los cuales no precisamente perecieron por ello. Esta selección entre variedades concuerda con otros estudios donde también comparan preferencias, en este caso para roedores, e identifican preferencia por el nopal tapón y cardón (*O. robusta* y *O. streptacantha*) sobre cardenche y duraznillo (*O. imbricata* y *O. leucotricha*), atribuyéndole una mayor importancia a la cantidad de espinas que a la calidad nutrimental (Rangel y Mellink, 1986), puesto que las más preferidas en este estudio contenían mayor fibra y menor proteína cruda (mas no mencionan la cantidad de humedad sobre peso fresco). En otro trabajo los roedores mostraron preferencia por la variedad cultivada roja sobre la variedad amarilla y a su vez la amarilla sobre la blanca (Mellink y Riojas-López, 2002). Cabe mencionar que entre estas tres últimas especies/variedades no se presenta diferencia entre cantidad y tamaño de espinas; en cambio si se compara la variedad V1 con cacalota y cardón (que son de las utilizadas en este trabajo) la diferencia es notable.

Existen además otros estudios en los que se compara entre especies de *Opuntia* y especies de otras familias (gramíneas y compuestas), donde le atribuyen el carácter de succulencia como factor de selección positivo hacia los nopales sobre las otras especies, principalmente en periodos de sequía (Rangel y Mellink, 1993; Christian *et al.*, 1984; Mc Clure *et al.*, 1995, Mellink y Riojas-López, 2002). En el trabajo aquí presentado, la variedad más utilizada fue V1, siendo torreoja también de las de mayor porcentaje de uso, aunque al realizarse la prueba de asociación entre uso y variedad, ésta última no está bien definida.

Además, éstas dos especies, que llegaron a consumir hasta dejarlas al ras del suelo, son las que presentaron el mayor contenido de humedad. En específico, torreoja presentó la mayor parte de los parámetros bromatológicos más altos (como proteína y azúcares reductores, siendo estos últimos una fuente de energía fácilmente asimilable, entre las que encontramos la glucosa). El que la torreoja presente espinas a diferencia de la V1 no fue obstáculo para su uso por parte de los pequeños vertebrados, dejando las areolas en el suelo como prueba de ello. El que casi la mitad de las plantas por cada variedad haya sido atacada nos dice que hacen uso de estas, tal vez no como V1 y torreoja pero tampoco las rechazaron al 100%. El uso de las otras variedades (cacalote, cardón, blanca) se presentó principalmente en brotes jóvenes, los cuales no tienen aún espinas, y por lo general tienen un mayor porcentaje de humedad que los cladodios de mayor edad no suberificados (Flores *et al.*, 1995) En este sentido, y asumiendo que las diferencias entre los parámetros bromatológicos son significativas, la humedad y la calidad nutrimental fueron factores de mayor peso para la selección, aunque la cantidad y tamaño de espinas también, pasando éstas últimas a un segundo plano por parte de los mamíferos. A pesar de que entre las dos más preferidas es alto el nivel de humedad, se prefirió más a V1 (sin espinas) sobre torreoja (con espinas), no obstante que presenta alto nivel de nutrimentos. Janzen (1986) sugiere que el papel que juegan las espinas puede ser el disminuir las tasas de depredación más que de llegar a prevenir la alimentación o ataque hacia éstas, por las ventajas como dispersores o eliminadores de competencia que los animales pudieran ofrecer. Un índice sobre la cantidad y tamaño de espinas y glóquidas, en relación al tamaño de la penca, serviría como parámetro para compararlas más objetivamente respecto a la morfología de éstas.

Dado que las correlaciones más altas entre frecuencia de uso y parámetros bromatológicos se dieron con los azúcares reductores y el porcentaje de humedad contenida en los cladodios, nos hace pensar sobre la importancia de estos parámetros para el uso diferenciado de las variedades.

Por otro lado, en el caso de los insectos no hubo diferencia significativa en la selección entre variedades. Esto a pesar de que se observó cierta preferencia por cardón. En un estudio anatómico entre especies silvestres y cultivadas, cardón fue la de mayor grosor cuticular y epidérmico (López, 1991), lo que no impidió que durante el tiempo de observación los insectos la utilizaran más a pesar de ser una de las que presentan una mayor cantidad de espinas, en comparación a las otras variedades. Sin embargo, dado el tamaño de los insectos, esto no pareciera ser problema para ellos. Esta especie presentó además el porcentaje más alto de nitrógeno, comparado con las otras bajo estudio. Quizá el contenido de éste pueda ser un factor de selección. Según Cloudsley-Thompson (1996), el nitrógeno es un recurso limitante en la naturaleza, por lo que plantas pobres en nitrógeno mantienen especies de insectos con lento crecimiento y largos ciclos de vida.

Respecto a los insectos, podría pensarse que la preferencia por Cardón es producto de que los recursos que les quedan disponible después de la interacción entre vertebrados y nopal. Sin embargo habría que realizar estudios más específicos para ver si, ya sea en mamíferos e insectos, no existe una selección y/o repartición de las especies/variedades.

Durante el tiempo de estudio algunas plantas presentaron pudrición. Al realizar un experimento en laboratorio con las especies/variedades bajo estudio, se evidenció que la bacteria *Erwinia caratovora* fue la causante de ésta. También en este aspecto puede diferir el uso causado por insectos, en comparación con los mamíferos, pues es probable que sean aquellos los que diseminen esta bacteria sin distinción entre especies/variedades.

En general, se presentó un patrón de estacionalidad en el uso de las plantas bajo estudio. Esto es, mayor infestación por insectos en los meses de septiembre-octubre y mayor uso por los vertebrados de septiembre a febrero. Esta estacionalidad concuerda con los meses húmedos para los invertebrados y con los meses frío-secos para los mamíferos, que es cuando hay poca disponibilidad de otros recursos alimenticios y agua. En un estudio con *Opuntia ficus-indica* (Retamal *et al.*, 1987) en el que cuantificaron contenido de

humedad, cenizas, azúcares reductores libres, almidón y proteína cruda, entre otros, concluyeron que existen diferencias significativas de componentes a través del año y del estado fenológico de la planta. Puesto que las plantas de la parcela contaban con aproximadamente la misma edad, es probable que las diferencias fenológicas entre especies/variedades y por tanto nutrimentales influyeran en la diferencia que hubo entre individuos.

De aquí se desprende que algunas de las ventajas que confiere el diversificar un cultivo de nopal puede radicar en varios aspectos. Por ejemplo la variedad de recursos que esta diversificación puede ofrecer a los mamíferos, que fueron en este estudio los que seleccionaron. Se sugiere realizar exclusiones para cuantificar el efecto de la fauna sobre parámetros como establecimiento, crecimiento, etc. También un estudio considerando disponibilidad de otras especies (de otras familias) y sus caracterizaciones nutrimentales sería de importancia para comprender mejor la selectividad y temporalidad planteada en este estudio.

Puesto que éste fue un estudio descriptivo, se sugieren estudios posteriores donde se analicen las especies por separado; y donde se incluyan estudios de digestibilidad.

CONCLUSIONES

- La fauna silvestre si hace uso del recurso nopal como alimento.
- Si existe selección entre las especies/variedades de *Opuntia* empleadas en la parcela, por parte de los mamíferos involucrados, siendo las más consumidas V1 y torreoja.
- El contenido de humedad y calidad nutrimental, tomado como contenido de azúcares, parecen ser los factores de mayor peso en la selección de las variedades ya mencionadas por parte de los mamíferos que hicieron uso de ellas; pasando a un segundo momento la densidad de espinas.
- Se presentó un patrón de uso estacional para cada uno de los dos grupos: vertebrados principalmente en temporada seca; invertebrados principalmente en temporada de lluvias.
- Dada la selección de los mamíferos por algunas de las variedades de nopal estudiadas en este trabajo, la diversificación de un cultivo de nopal representa diferencia en recursos para la fauna silvestre en específico.

LITERATURA CITADA

- ◆ Asteinza, B. G. y J. A. Rey. 1990. Evaluación de una plantación de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) en la zona de Tepetates de San Pablo Izayoc, Estado de México. En: López G, J. J. y M. J. Ayala O. (eds.). Memorias sobre 3ª Reunión Nacional y 1ª Internacional del Congreso El Nopal: su conocimiento y aprovechamiento.
- ◆ Barbera, G., P. Inglese and E. Pimienta-Barrios. (eds.). 1995. **Agroecology, cultivation and uses of Cactus Pear**. FAO: Plant Production and Protection Paper 132.
- ◆ Barthlott, W. and D. R. Hunt. 1993. **Cactaceae**. In: Kubitzki, K., J. G. Rohwer, and V. Bittrich (eds.). 1993. **The Families and Genera of Vascular Plants. Vol.II: Flowering Plants, Dicotyledons**. Springer-Verlag, Germany.
- ◆ Begon, M., J. L. Harper y C. R. Townsend. 1995. **Ecología: individuos, poblaciones y comunidades**. Ediciones Omega. Barcelona.
- ◆ Borrego, E. F. y N. Burgos V. 1986. El Nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- ◆ Borrueal, N., C. M. Campos, S. M. Giannoni and C. E. Borghi. 1998. Effect of the herbivory rodents (cavies and tuco tucos) on a shrub community in the Monte Desert, Argentina. **Journal of Arid Environments** 39:33-37.
- ◆ Bravo-Hollis, H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. I. 2da Ed. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
- ◆ Brown, J. H., G. A. Lieberman and W. F. Dengler. 1972. Woodrats and cholla: dependence of a small mammal population on the density of cacti. **Ecology** 53(2):310-313.
- ◆ Burger, J. C. and S. M. Louda. 1995. Interaction of diffuse competition and insect herbivory in limiting brittle Prickly Pear Cactus, *Opuntia fragilis* (Cactaceae). **American Journal of Botany** 82(12):1558-1566.
- ◆ Christensen, K. M. and T. G. Whitham. 1991. Indirect herbivore mediation of avian seed dispersal in pinyon pine. **Ecology** 72(2):534-542.

- ♦ Christian, K.A.; C. R. Tracy and W.P. Porter. 1984. Diet, Digestion and Food Preferences of Galapagos Land Iguanas. *Herpetologica* 40(2):205-212
- ♦ Cloudsley-Thompson, J.L. 1996. **Biotic Interactions in Arid Lands**. Springer-Verlag. Germany.
- ♦ Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1965. **Diseños Experimentales**. Ed. Trillas. México, D. F.
- ♦ De la Cruz, M. M. 1990. Estudio sobre Herbivoría y Demografía en *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae), una planta perenne en el Pedregal de San Angel. Tesis para Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México
- ♦ Díaz, A. 2000. Can plant palatability trials be used to predict the effect of rabbit grazing on the flora of exarable land?. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 78:249-259.
- ♦ Dyer, M. I., C. L. Turner and T.R. Seastedt. 1993. Herbivory and its consequences. **Ecological Applications** 3(1):10-16.
- ♦ Everitt, J. H. and M. A. Alaniz. 1981. Nutrient content of cactus and woody plant fruits eaten by birds and mammals in south Texas. **The Southwestern Naturalist** 26(3):301-305.
- ♦ Flores, H.A.; M. Murillo S., F. Borrego E. Y J.L. Rodríguez O. Variación de la Composición Química en Estratos de la planta de 20 variedades de nopal **En:** E.Pimienta B., C. Neri L., A. Muñoz U., F. Huerta M. (Compiladores). Sexto Congreso Nacional y cuarto Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Noviembre 1995. Universidad de Guadalajara, México.
- ♦ Gallegos, V. C. y S. J. Méndez G. 2000. **La Tuna: criterios y técnicas para su producción**. Universidad Autónoma Chapingo, Fundación Produce Zacatecas y Colegio de Postgraduados. México.
- ♦ González, D. A., M. E. Riojas-López y H. J. Arreola-Nava. 2001. **El Género *Opuntia* en Jalisco: Guía de Campo**. Universidad de

Guadalajara (UdG) y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO).

- ◆ González-Espinosa, M. and P. F. Quintana Ascencio. 1986. Seed predation and dispersal in a dominant desert plant: *Opuntia*, ants, birds and mammals. In: Estrada, A. and Fleming, T. H. (eds). *Frugivores and Seed Dispersal*. Dr W. Junk Publishers. The Netherlands.
- ◆ González-Espinosa, M. 1999. Interacciones entre fenología, elementos bióticos y disturbio por pastoreo en las nopaleras del centro de México. **En: Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre El Conocimiento y Aprovechamiento de El Nopal**. 1999. UASLP. San Luis Potosí, México.
- ◆ Gough, L. and J. B. Grace. 1998. Herbivore effects on Plant Species Density at Varying Productivity Levels. **Ecology** 79(5):1586-1594.
- ◆ Granados, S. D. y P.A. Castañeda. 1991. **El Nopal**. Ed. Trillas. México.
- ◆ Grant, B. R. and P. R. Grant. 1981. Exploitation of *Opuntia* cactus by birds on the Galápagos. **Oecología** 49:179-187.
- ◆ Hoffman, M. T., C. D. James, G. I. H. Kerley, and W. G. Whitford. 1993. Rabbit herbivory and its effect on cladode, flower and fruit production of *Opuntia violacea* var *macrocentra* (Cactaceae) in the Northern Chihuahuan Desert, New Mexico. **The Southwestern Naturalist** 38(4):309-315.
- ◆ Infante Gil, S. y G. P. Zárate de Lara. 1997. **Métodos Estadísticos: Un Enfoque Multidisciplinario**. Ed. Trillas. México.
- ◆ Janzen, D. H. 1986. Chihuahuan Desert nopaleras: defaunated big mammal vegetation. **Annual Review of Ecology and Systematics** 17:595-636.
- ◆ Kelt, D. A. and T. J. Valone. 1995. Effects of grazing on the abundance and diversity of annual plants in Chihuahuan Desert scrub habitat. **Oecologia** 103:191-195.

- ◆ Leroy, A. Arnold, J P. And D. Lynn Drawe. 1979. Seasonal Food Habits of White-tailed Deer in the South Texas Plains. **Journal of Range Management** 32(3):175-178.
- ◆ López, A L. U. 1991. Estudio anatómico-fisiológico comparativo en morfoespecies de nopal (*Opuntia* spp.) tunero. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de Guadalajara. México.
- ◆ Maccracken, J. G. and R. M. Hansen. 1984. Seasonal foods of blacktail jackrabbits and nuttall cottontails in southeastern Idaho. **Journal of Range Management** 37(3):256-259.
- ◆ Martínez B. A. E. y Villa A. B. 1995. Plantaciones de nopal para el desarrollo sustentable de áreas degradadas en la región central de México. **En:** Pimienta-Barrios E., C. Neri-Luna, A. Muños-Urias, y F. M. Huerta-Martínez. (comp.). Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Memorias de 6to Congreso Nacional y 4to Congreso Internacional. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- ◆ McAuliffe, J. R. 1986. Herbivore-limited establishment of a sonoran desert tree, *Cercidium microphyllum*. **Ecology** 67(1):276-280.
- ◆ McClure, M. F., N. S. Smith and W. W. Shaw. 1995. Diets of coyotes near the boundary of Saguaro National Monument and Tucson, Arizona. **The Southwestern Naturalist** 40(1):101-125.
- ◆ Mellink, B. E. y M E. Riojas-López. 2002. Consumption of platyopuntias by wild vertebrates. **En** Nobel, P.S. (ed). *Cacti: Biology and Uses*. University of California Press. En Prensa.
- ◆ Morán, V. C. 1980. Interactions between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. **Ecological Entomology** 5:153-164.
- ◆ Myers, D. and J.K. Wangberg. 1981. Blue Cactus Borer Infestation levels in three West Texas Habitats. **The Southwestern Naturalist** 26(2):216-217.
- ◆ Nobel, P. S. 1995. Environmental Biology .**In:** Barbera G., P. Inglese and E. Pimienta-Barrios.(eds). *Agroecology, cultivation and uses of Cactus Pear*. FAO:Plant Production and Protection Paper 132.

- ◆ Pacala, S. W. and M. J. Crawley. 1992. Herbivores and plant diversity. **The American Naturalist** 140(2):243-260.
 - ◆ Pimienta, B. E. 1990. **El Nopal Tunero**. Universidad de Guadalajara. México.
 - ◆ Ponce, J. P. y C. A. Flores V. 1999. Programa de conservación y recuperación del suelo, la vegetación y la fauna, mediante el cultivo del nopal en las mixtecas poblana, oaxaqueña y guerrerense. **En: Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre El Conocimiento y Aprovechamiento de El Nopal**. 1999. UASLP. San Luis Potosí, México.
 - ◆ Rangel, M. G. y E. Mellink. 1993. Historia natural de la rata magueyera (*Neotoma albigula*) en el Altiplano Mexicano. **En: Medellín, R. A. y G. Ceballos (eds). Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones Especiales, Vol.1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. México D. F.**
 - ◆ Reichman, O. J. and S. C. Smith. 1991. Responses to simulated leaf and root herbivory by a biennial *Tragopogon dubius*. **Ecology** 72(1):116-124.
 - ◆ Retamal, N., J. M. Duran and J. Fernández. 1987. Seasonal variation of chemical composition in Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). **Journal of the Science of Food and Agriculture** 38:303-311.
 - ▶ Rzedowsky J. 1978. **La Vegetación de México**. Editorial Limusa. México.
 - ▶ Sand-Jensen, K., D. Jacobsen and C. M. Duarte. 1994. Herbivory and resulting plant damage. **Oikos** 69(3):545-549.
 - ▶ Schowalter, T.D. 2000. **Insect Ecology: an ecosystem approach**. Academic Press. USA.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SSP).1981. **Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco**. SSP, Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística e informática.
- Silva, V. M. G. 1996. Valor Nutricional de la Vegetación en el Hábitat del Venado Cola Blanca en el Bosque Tropical de Chamela Jalisco. Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara. México.

- ♦ Smallwood, P. D. and Wm. D. Peters. 1986. Grey squirrel food preferences: the effects of tannin and fat concentration. **Ecology** **67**(1):168-174.
- ♦ Somogyi, M. 1952. Notes of sugar determination. **J. Biol. Chem.**, **195**: 19-23.
- ♦ Sudzuki, F., C. Muñoz, H. Berger. 1993. **El Cultivo de la Tuna** (Cactus Pear). Departamento de Producción Agrícola (PRODAG). Universidad de Chile.
- ♦ Trlica, M. J. and L. R. Rittenhouse. 1993. Grazing and plant performance. **Ecological Applications** **3**(1):21-23.
- ♦ Vázquez, A. A. 1981. **El Nopal**. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales-Comisión Nacional de Zonas Áridas. México.
- ♦ Zar, J. H. 1984. **Biostatistical Análisis**. Second Edition. Prentice-Hall. U.S.A.